

## 第1部 土壌特性調査

### 土壌特性調査の手順

#### 土壌特性観測サイト：

土壌特性調査では、少なくとも2箇所の観測サイトが必要となります。一つは土壌水分観測サイト（第2部：土壌水分調査を参照）に隣接する地点で、もう一つは生物観測サイト内の地点です。それぞれの観測サイトで、穴を掘り土壌を調査します。1m以上の土壌断面が得られる地点が理想的です。

#### 頻度：

それぞれのサイトで、土壌構造、土壌の色（土色）、土性、密度、pH、粒径などの測定を1度だけおこないます。その地域の土壌分布に興味があるなら、さらに、他の地点で観測を続行してもかまいません。

#### 土壌特性観測サイトの選定：

観測サイトを選定する場合、次のことに注意してください。

穴を掘るのに安全な地点を選んでください。埋設物（電気、水道、ガス管など）を切断しないように、関連会社や管理者に問い合わせてください。

自然な植生のある地点、または周囲を代表するような地点で比較的平坦な場所を選んでください。

手の加えられていない地点を選んでください。建物、道路、小道、運動場など、工事の影響を受けている場所から、少なくとも3mは離れたところにしてください。

得られる土壌断面に太陽光が当たるような地点を選んでください。土壌特性の調査時に、裸眼観察や写真撮影がやりやすいようにしてください。

#### 土壌層を露出させる：

##### オーガ法

オーガ法は、本来は垂直な土壌断面を、地表面に再現する方法です。この方法では、可能な限り深く（ただし1m以内）穴を掘っていきます。Dutch オーガまたはシャベルを使用するのがいいでしょう。土壌に適したオーガを用いるようにしてください。Dutch オーガは、石の多い、乾燥し密度の高い土壌に適しています。

土壌試料を掘り出すごとに、その試料を地表上に順次並べていき、土壌の連なりやその特徴

---

## 土壌調査

を再現していきます。後述する実験室での分析のために、十分試料を採取してください。

穴を掘ったらすぐに作業A、B、C（土壌特性（野外調査）を参照）をおこなってください。  
作業終了後は、穴を埋め戻してください。

### 採掘法

深さ約 1m の十分に広い穴を掘って、土壌断面の観察を直接おこなう方法です。掘った土は土壌層ごとに分けておきます。

穴を掘ったら、すぐに作業A、BおよびCをおこなってください。作業後は、掘った土を土壌層ごとに埋め戻してください。

穴を掘ることが困難なら、親、他の教師、管理人や農業関係者（訳者注 日本では農業試験場や農業改良普及員）などに相談してください。

観測を開始して数ヶ月以内に、観測サイトの詳細について調査・記録する時間を設けてください。GPS の測定、MUC による土地被覆分類などが必要となります。観測サイトやデータ収集時の付加情報はノートに記録すると共に、GLOBE 日本中央センター事務局に FAX/MAIL 等で連絡してください。

これらの情報は必ずしも必須のものではありませんが、科学者やこれらのデータを使おうとする人にとって極めて有用な情報となります。

## プロトコル 1 野外での土壌特性調査

- 目的：観測サイトの土壌の特性を知る。
  - 観測サイトに関する付加情報を得る。
  - 実験室での分析のため試料を土層ごとに採取する。
- 概要：このプロトコルは3つの作業から構成されます。
  - 最初の作業 A は、2 個所の観測サイトでの土壌観察です。それぞれのサイトで、1m の土壌の断面を露出して土壌特性を調査します。これが困難なら、10cm の深さの土壌試料で観察をおこないます。
  - 次の作業 B は、観察サイトの付加情報の調査です。
  - 最後の作業 C は、実験室での土壌分析用に土壌試料を採取することです。
- 時間：土壌断面の露出、野外調査、試料採取には、次の時間が必要です。
  - 採掘法に 1 日
  - オーガ法に 1~2 授業時間
  - 10cm の深さでの採取に 1 授業時間
  - 土壌試料の乾燥に少なくとも 2 日間

---

## 土壌調査

実験室での分析に1～2 授業時間

- レベル：全てのレベル
- 頻度：2 個所の観測サイト（土壌水分観測サイトと、生物観測サイト）において、それぞれ1 回。
- コンセプトと技能  
コンセプト： horizon（土層）、color（土色）、texture（土性）、root distribution（根の分布） 土壌の観測内容は、土地利用、気候、母材、地形などの要因によって影響を受けます。  
技能： 土壌の特性の記述、 クリノメータの使用、 地形の記述、 試料の採取、 実験室での分析のための試料調製
- 道具と資料： 移植ゴテ、シャベル、Dutch オーガ、土壌を加湿するための水を入れた噴射口付きボトル（よく洗った洗剤瓶など）、土壌をのせるための紙またはゴミ袋、土層の厚さを測るためのメジャー、土層の境をつけるための20 本ほどの釘またはゴルフティー、データシート、筆記用具、画板、タオル、土壌試料を運ぶための1 リットル程度の容器を必要数（プラスチックバッグなど）、容器に封をするための粘着テープ、土壌試料や道具を運ぶための箱、油性マジック、クリノメータ（土地被覆プロトコルで使うものと同じ）、カメラとフィルム（カラー）、ノート、「土壌特性特徴シート」
- 準備：観測サイトを決めて、道具や試料を揃えます。穴を掘るための手配をしておきましょう。
- 前提条件：特になし

### 作業 A：土壌特性の記述

何をどのようにおこなうのか。

1. 土壌水分観測サイトと生物観測サイトの2 個所で土壌断面を記述します。土壌断面を露出させる（できれば1m の深さ）には以下の2 つの方法があります。
  - a. Dutch オーガを使う方法。（オーガ法）  
Dutch オーガは土壌を順次採取していく器具です。採取した土壌を、地面の上に敷いた紙またはゴミ袋の上に順番に並べていきます。
  - b. シャベルなどで穴を掘る方法。（採掘法）  
いずれも困難な場所では、3 つめの選択として、シャベル等で10cm の深さまで土壌を採取し、それを試料とする方法もあります。
2. 生徒たちに土壌の特性や土層について解説します。

---

## 土壌調査

3. グループごとに穴を掘る道具、水ボトル、釘（ゴルフティー）、タオル、メジャー、「土色表」を使って土壌断面を観察します。他のグループは観測サイトの斜度などの測定や記録をおこないます。データシートはグループごとに記録してください。グループごとに、掘った穴の断面を削って新しい土壌断面を露出させ、新たな観察をおこなってください。Dutch オーガで採取する場合は、前に採取した場所のすぐ近くの所で同じ方法を用いてください。
4. 土壌断面に太陽の光があたるように配慮してください。土壌の上部から下部に向かって、土壌の特徴をよく観察して、土層とその特徴（土色、土壌構造、密度など）を識別してください。
5. 土壌断面から、注意深く土壌の断片を採取してみます。断面の異なる部分ごとに、採取が容易か困難か、採取した土壌断片の大きさや形などにも注意を払きましょう。土壌断面の特徴（色、根の分布、石の大きさや量、団塊の種類、ミミズや虫などの動物、ミミズの穴、その他なんでも）を十分に観察してください。土層を識別するのに役に立ちます。
6. 土層の境界がわかったら、釘またはゴルフティーで土層の境を明確にしてください。
7. 上の土層からはじめて、土のかげらを手にとって観察しましょう。できるだけ構造を壊さないようにしてください。そして、土色、土壌構造、土性、密度などを観察します。一つの層の試料の特徴の記述が済んだら、次の層の観察を同様におこないきましょう。
8. 生徒たちは土層ごとに、以下の特性について観察します。
  - a. 土層の名前（A層、E層、B層、C層など）
  - b. それぞれの土層境界の深さ（cm 単位）
  - c. 掘った穴の深さ（cm 単位）
  - d. 土壌の構造（granular, blocky, massive, など）
  - e. 「土色表」による土色の決定（マンセル単位:Hue, Value, Chroma）
  - f. 土壌の密度（loose, friable, firm, extremely firm など）
  - g. 土性（silt loam, sandy clay など）
  - h. 根の存在
  - i. 石の存在
9. わかったことをデータシートに記録し、GLOBE データサーバに送信してください。

### 土壌特性観測サイトの追加

通常、15km 四方のグローブ観測サイトの中には数多くの土壌種が存在しています。2 個所のサイト以外での土壌特性データの採取は、貴重な科学データをもたらすばかりでなく、教育的にも重要な機会となるでしょう。

---

## 土壌調査

是非、そうした場所を観察して GLOBE データサーバに送信してください。

穴を掘らなくても土壌特性の観察が可能な場合もあります。たとえば道路脇の斜面などです。ただし、表面は風化しているので、新しい断面を出すためにシャベルなどで表面を削ってから観察をおこなってください。

また、掘削現場なども面白い対象でしょう。常に安全性を考慮して、必要な許可を得てください（訳者注：日本の場合、土地利用が窮屈なので、地形的に脆弱な場所での観察は、観察者の安全のみならず、地形の保全も考慮してください）。

### 作業B 観測サイトの付加情報

#### 何をどのようにおこなうのか

1. 観測した土壌断面の写真を撮り、そのコピーをデータシートに記載されている GLOBE US の科学者に送付してください。穴を掘って土壌断面を露出している場合（掘削法）地表面が 0cm となるように、土壌断面に沿ってメジャーをおいてください。

穴の外から断面を撮影し、できれば撮影者の後ろに太陽があるようにして、断面を明るく照らして撮影してください。

Dutch オーガの場合（オーガ法）は、紙やゴミ袋上に横たえた土壌断面の脇にメジャーをおいて撮影してください。地表層に相当する部分に 0cm 側がくるようにして、太陽を背に写真を撮ってください。

いずれの場合も、穴の周りの景観の写真も撮っておいてください。

2. クリノメータ（土地被覆／生物測定の章を参照）を用いて観測サイトの斜度を測定し、データシートに記録してください。
  - a. 背丈がほぼ同じ生徒を 2 人選んでください。
  - b. 穴を横切るスロープでもっとも斜度があるところを測ります。クリノメータをもった生徒がスロープの下に行き、もう一人が反対の方向に立ちます。
  - c. クリノメータをもっている生徒は、相手の目の高さでスロープの角度を測ります。
  - d. 読み取った斜度を記録してください。

3. 主だった建物、たとえばビルや電柱、道路からの距離を記録してください。

4. 観測サイトを特徴付けているものを何でも記録してください。

（以下のことは、現時点では GLOBE には報告する必要はありませんが、参加校側で記録しておくといいでしょう）

「穴の中や周辺地域でどのような植物や動物を見つけましたか？ ミミズやアリなどの小動物はいましたか？」

---

## 土壌調査

「どのような母材からこの土壌ができたのでしょうか？ 岩盤でしょうか？ もしそうなら岩石の種類についても調べてみましょう。土壌は風成、水積のものなのか、氷河堆積物か火山堆積物なのかわかりますか？ 地質学についてのより詳しいことは、地域の図書館で調べることができます。」

「観察した場所は地形的にどのようなところにありますか？ 丘の上か、斜面か、丘の下ですか？ 近くに川が流れていますか、または台地のような平坦なところですか？」  
「穴を掘ったところの一般的な気候は？ 日が当たりますか？ 影になっていますか？ 暑いか、寒いか、湿っているか、乾燥していますか？」

「あなたの観測地域での最近の土地利用状況はどうですか？ 長期間保護されてきたところですか、それとも耕作されていますか、木を伐採していますか、建設中ですか、人工的な手を加えられていますか？」

5. 気がついたこと全てをデータシートに記録してください。
6. GPS 受信機によって緯度、経度、高度を測り、それを記録してください。

### 作業C 土壌試料の採集

何をどのようにおこなうのか

1. 土層ごとに1リットル容器を用意して、土壌試料を注意深く詰めてください。試料が手で汚染されないよう、できるだけ道具を使うようにしてください。
2. 採取した試料から、2mm以上の小石や岩石を取り除いてください。また、葉や根、小動物など土壌以外のものを取り除いてください。
3. 採取した容器はテープなどでしっかりと封をしてください。外側にはラベルを貼り、油性マジックで以下のことを記してください。
  - a. 試料番号
  - b. 土層の名称
  - c. 土層の深さ（層の上部と下部）
  - d. 採取した年月日、生徒、先生の名前、クラスの名前
  - e. 観測サイトの位置（可能ならGPS測定値）と名称
4. 穴を埋め戻してください。
5. 土壌試料を注意深く教室に持ち帰りましょう。

## プロトコル 2 実験室での土壌特性調査

---

## 土壌調査

- 目的：採取した試料の土壌 pH、粒径組成を測定する。
- 概要：教室または実験室で土壌試料を乾燥し、土壌 pH、粒径組成を測定する。
- 技術レベル：中級レベル、上級レベル
- 頻度：2 個所の土壌特性観測サイトでそれぞれ一回
- コンセプトと技能  
コンセプト：土壌 pH、粒径組成、土性  
技能：試料の扱い方、測定、データの記録、測定器具の使用
- 道具と資料：  
土壌試料の乾燥：新聞紙、土壌試料保存用 1 リットル容器  
pH 測定：土層ごとに 3 つの 50ml ビーカー、さじ、pH ペンか pH メータ、ガラスの攪拌棒、蒸留水、100ml メスシリンダ、データシート  
粒径組成分析：土層ごとに 3 つの 100ml メスシリンダ、蒸留水、メスシリンダに合うゴム栓 3 個、さじ、土壌分散剤（sodium hexametaphosphate（通称カルゴン）か、皿洗い機で使用する泡をださない洗浄剤）、懐中電灯、ストップウォッチまたは秒針がある時計、データシート  
前提条件：土壌特性（野外調査）が終了していること。

### 作業 A：土壌の乾燥

#### 何をどのようにおこなうのか

1. 部屋の中で土壌試料を広げて風乾できる場所を選んでください。日光が差し込む窓際が理想的です。
2. そこに新聞紙を広げてください。
3. 土層ごとに、土壌試料を新聞紙の上に注意深く広げてください。土層が混じらないように注意してください。試料を薄く平らに広げて、均一に乾燥されるようにします。
4. 容器のラベルを転記して、広げた試料にもラベル付けをしてください。
5. 乾燥する前に、石、根など土壌以外のものを取り除いてください。土壌が汚染されてしまうので、手は使わないようにしてください。（訳者注：ただし、粘土の作用で粒子が結合しあい、大きな固まりになっていますので、土壌が湿っている間にやわらかく土の固まりをつぶしてください。）
6. 均一に乾燥するまで数日間、土壌を放置してください。乾燥すると、土層ごとの色の違いや、構造の違いが観察しやすくなります。
7. 乾燥した土はそれぞれの土層ごとに、ポリ袋などの新しい乾燥した容器に入れて、封をし、再びラベルを貼っておきます。土壌 pH と粒径組成の測定をするまで、安全な乾い

---

## 土壌調査

た場所で保存してください。

### 作業B：pH

土壌の pH は土壌の化学性、肥よく性の指標になります。土壌の pH は水の pH と同じで、中性付近の土壌は pH7 を示します。7 より低ければ酸性で、7 より高ければアルカリ性です。土壌の pH は、土壌中の元素の反応に影響を及ぼし、結果として土壌のさまざまな特性を左右するため重要な意味を持ちます。例えば、植物がよりよく育つには適正な土壌 pH が必要です。農業では、育成する植物によって、炭酸カルシウムや硫酸カルシウムを土壌に加え、適切な pH を持つよう土壌を調整します。また、土壌の pH は、付近の水系（地下水、小川、湖など）の pH にも影響を及ぼします。

### 何をどのようにおこなうのか

pH ペンまたは pH メータによる測定の方法

1. 既知の pH の緩衝液を使って pH メータを校正してください。校正の方法は水質調査の章を参照してください。
2. ビーカーまたはカップに土壌 20ml と蒸留水 20ml を入れて（土壌と水の比率は 1 対 1）、スプーンを用いてよくかき混ぜてください。このとき手で触れないでください（手には汗や汚れがついていますので土壌の pH に影響を及ぼすことがあります）。
3. よく混ぜた土壌の懸濁液に pH ペンまたは pH メータの電極を入れてください。pH 値を読み取ったら、データシートに記録してください。
4. それぞれの土層ごとにこの測定を 3 回繰り返してください。
5. データシートに結果を記録してください。

### 作業C：土壌の粒径組成

### 何をどのようにおこなうのか

砂、シルト（微砂）、粘土、それぞれの粒子の相対量を粒径組成といいます。粒径組成は沈殿法で測定します。それぞれの土層試料ごとにこの測定を 3 回おこない、その結果全てをデータシートに記録してください。

1. 100ml のメスシリンダに 30ml の乾燥土壌を入れてください。土壌がシリンダの底に来るように、軽くシリンダを叩いてください。必要であればさらに土壌を加えて 30ml に

---

## 土壌調査

なるようにしてください。

2. 10%の土壌分散剤を2ml 加えてください。10%にするために、100ml の蒸留水と10g の粉末を混ぜてください。注：土壌粒子が固まっていると砂の量が多く見積もられることになり、実際の値から大幅にずれることがあるので、固まっている土壌はバラバラにしておく必要があります。乾燥してバラバラにするのが困難な土壌もありますので、湿っているときにできるだけバラバラにしておくことが無難です。
3. 蒸留水を90ml のところまで加えます。
4. ゴム栓でシリンダに栓をし2分間シリンダを振ってください。よく混ざるようにしっかりと振ってください。注：正確な結果を得るために、沈殿するまでの正確な時間を計るようにしてください。注意深く時計を見てください。
5. 振り終わったら直ちに栓を取りはずし、シリンダを40秒間静置してください。時間は厳密にはかかってください。もし、うっかりして40秒を過ぎてしまったら、再度、栓をして2分間振り、同じ作業をやり直してください。いったん静置したシリンダは動かさないでください。
6. 40秒後に、沈殿した土の量を目盛りで読んでください。もし必要なら懐中電灯をシリンダの後ろから照らして読み取ってください。シリンダの下に溜まった土の量をデータシートに記録します。
7. シルトが沈殿するまで、シリンダをそのまま30分間静置してください。
8. 30分後に、シリンダに沈殿した土の量を前回と同じ方法で読み取ってください。必要なら懐中電灯も使用してください。沈殿した土の量を読み取るとは困難かもしれません。シリンダの底に溜まっている部分をよく見てください。さらに細かい粒子はまだ溶液の中に浮遊しています。
9. 以上の1から8までの操作をさらに2回おこない全3回の操作をおこなってください。

最初の40秒間に沈殿した粒子は砂です。砂は、土壌の中で最も大きく重い粒子なので、最初に沈殿するのです。続く30分間に沈殿した粒子は、シルトです。シルトは砂より小さく軽い粒子なので、沈殿するのにより時間がかかります。

30分を過ぎても溶液中にあるのは粘土です。粘土はこの3つの中で最も小さくて軽いので、なかなか沈殿しません。

### 砂、シルト、粘土の割合の算出

上級レベル向け

一つの土壌試料に対する3組の結果が得られたら、次の式を用いて砂、シルト、粘土の含有%値を算出します。

---

## 土壌調査

式は以下のようになります。

- 1) 40 秒間でシリンダに溜まった砂の量/最初の土壌の量 x100 (%)=砂%
- 2) (30 分間でシリンダに溜まった砂とシルトの量-40 分間でシリンダに溜まった砂の量)/  
最初の土壌の量 x100 (%)=シルト%
- 3) 100-(砂%+シルト%)=粘土%

土壌断面上の各土層について、この手順を繰り返してください。自分の計算結果と、データシートを使って得られる最終結果を比較してみるのも面白いでしょう。

三元土性図を用いて、土壌の粒径組成に対応する土性の名称を調べます。

砂、シルト、粘土の割合が明らかになった試料を保存するのもいいでしょう。触感による土性調査の際に「標準試料」として用いることができます。

### データ送信

測定したデータをデータシートに記入してください。何枚ものシートが必要になるので、必ずコピーをして余分な枚数を用意してください。

同じ土壌断面に対するシートはホッチキスで綴じてまとめておきましょう。わかったことを GLOBE データサーバに送信してください。

## 第2部 土壌水分調査

- 目的：土壌に含まれる水分を重量計量法ではかる。
- 概要：
  - a. 土壌試料の採集
  - b. 試料の重量の測定と乾燥後の再測定
  - c. データ送信

上級レベルの生徒には、土壌水分の測定に導電率を用いる実験方法もある。

- 時間：

試料の採集に 15 分間、1 回目の重量測定に 15 分間、2 回目の重量測定に 15 分間。  
試料はオープンで一晩乾燥させる。
- 頻度：毎月 1 回。1 日またはそれになるべく近い日におこなう。
- 技術レベル：初級レベル、中級レベル、上級レベル
- コンセプトと技能

---

## 土壌調査

コンセプト：土壌は水分を含む。

水分は体積同様、その重さでも表す事ができる。

土壌水分は降雨後に増加するが、その増加量は様々な要因により変化する。

土壌水分は晴天の乾燥した日には減少する。乾燥していく度合いもまた、様々な要因により変化する。

技能：天秤の使用、データの記録

- 準備：土壌水分観測サイトを定め、観測機器を運ぶ。
- 前提条件：大気観測サイトが選定されていること。

## 準備

生徒は簡単な手順で土壌水分を測定します。土壌試料の重さを量り、乾燥させた後、再び重さを量ります。その差が土壌水分となります。

どの生徒も重量測定をおこないます。

初級レベルの生徒は、降雨計から 100m 以内の観測サイトで、月に一回測定をおこなってください。

星形の枠の中の毎回違った場所で試料を採集し、測定をおこないます。土壌試料は深さ 0～5cm のところから採取します。

毎月 1 つの試料を採集しますが、3 ヶ月に 1 回（季節ごと）は、測定の質を高めるためにさらに 2 つの試料を採集します。

中級レベルの生徒は、降雨計から 100m 以内の観測サイトで、月に一回測定をおこなってください。

測定は、トランセクトに沿って採集した試料でおこないます。土壌試料は深さ 0～5cm のところから採集します。

毎月 11 個の試料を採集しますが、3 ヶ月に 1 回（季節ごと）は、測定の質を高めるためにさらに 2 つの試料を採集します。

（トランセクト：植生を横切して作った帯状標本地）

上級レベルの生徒は、毎月、星形の枠の中の毎回違った場所で試料を採集し、観測をおこないます。

試料は、4 つの異なる深さ（10, 30, 60, 90cm）から採集します。

---

## 土壌調査

最初は、大気観測サイトの近くでこれらの深さの土壌試料を採集し、降雨・降雪と土壌水分との関係を調べます。

上級レベルの生徒には、石膏ブロックによる方法で土壌水分を測定することを推奨します。

### 土壌水分観測サイト

土壌水分の観測サイトは以下のような場所が理想的です。

#### Unirrigated 灌漑されていない場所

太陽と自然の降雨に対する土壌の反応を調べるため、水が流れていないことが重要です。

#### Uniform 均質な場所

少し離れたところでも、土壌水分量が大きく変化することがあります。

区域を代表する場所を見つけることが大切です。

比較的平坦で、土壌の性質と植生が均一な場所を探しましょう。

#### Relatively undisturbed 荒らされていない場所

建物・道路・歩道・運動場など、土壌が人為的に固められたり攪乱された区域から、少なくとも 3m 離れた場所にしてください。

#### Safe for Digging 安全に掘ることができる場所

公共のケーブルや灌漑設備などに影響を与えないよう、地域の公共機関や管理人に確認してください。

#### 頻度：

土壌水分は、毎月 1 回、1 日またはそれになるべく近い日に測定します。

地面が凍結しているときは観測する必要はありません。

毎回同じ時間に観測をおこない、露が降りる早朝を避けてください。土壌水分はゆっくりと変化していくので、観測の時間を厳密に決める必要はありません。

#### データの向上：

少なくとも季節ごとに、複数の試料を採集してデータの品質や均一性をチェックすることを勧めます。

通常一つ採集している試料を、10cm 以内の地点で 3 つ採集してください。

一貫性をもつために、四季の初めに 3 つの試料を採集してください。

---

## 土壌調査

忘れないように教室に採集表を貼るのも一案です。

### 作業A：試料の採集

道具と資料：

- 筆記用具とノート
- データシート
- コンパスと 10m のテープ
- 移植ゴテまたは Dutch オーガ
- Dutch オーガから試料をはずすためのドライバまたはナイフ
- 2～12 個の土壌試料採集缶（きつく蓋のできる小さいガラス瓶など）
- 土壌缶にラベルをつけるための接着テープとペン
- 25cm 定規、メートル尺
- 5m ごとに結び目を付けたロープ

各試料は、ひとつの地点につき約 100g 採集してください

#### 星形の枠での採集（初級レベルの生徒）

毎月、直径 2m の星形（もっと頻繁に採集するならば、より大きな星形にする）のひとつの地点から試料を採集します。星形を作るのは、メートル尺を用いて、中心の目印から東西南北に約 1m の 4 カ所を決めます。それら 4 カ所のポイントを通る円上に、各ポイントの中間点の 4 カ所を決めます。これで星の 8 つの頂点が決まります。必要であれば、中心の目印から南北・東西の線に沿って 25cm の所にさらに 4 つのポイントを決めてください。翌年は、前年の星形から 10m 以内のところに、新たな中心の目印を選びこれを繰り返します。移植ゴテを使って、表層土壌水分の試料を一つ採集するのに、おおよそ 5～10 分かかります。

#### トランセクトに沿っての採集（中級レベルの生徒）

可能であれば、降雨計の近くの開けたところに 50m の直線をとります。これがトランセクトとなります。毎月、この線に沿って 5m ごとの地点の土壌水分を測定します。旗や目印をトランセクトの両端に置きます。採集位置は結び目のついたロープを使って決めます。方向は関係ありません。次にトランセクトから試料を採集するときは、前回観測した地点を避けて、25cm ずらしてください。測定機器を皆で共有していたり、土壌特性などを同時に測定する場合、トランセクトの割り付けや採集には、おおよそ 1 時間かかるでしょう。

---

## 土壌調査

### 異なる深さでの採集（上級レベルの生徒）

大気観測サイトの近くで、前述した星形の枠の周辺で試料を採集します。同じ穴の 10、30、60、90cm の深さの所から試料を採集します。土壌の深さがこれに達しない場合には、採集可能な深さでやめてください。それぞれの深さで試料を 100g 採集します。穴にこぼれ落ちた土はとらないでください。もしオーガが障害物にあたったら、25cm ずらしてやり直してください。状況にもよりますが、90cm の穴を掘り、試料を採集するのに 30～60 分間かかるでしょう。

### 準備

1. 実行手順と試料の採集法を理解します。
2. それぞれの缶に整理番号を記したラベルを貼ってください。
3. 観測サイトの位置と特徴を記録します。

### 星形およびトランセクトでの採集の手順

1. 地表面の状態を記録しましょう。短い草(10cm 以下)、長い草が生えているか、または裸地ですか？ 掘り起こすか、引き抜いてください。樹木で覆われていたり、樹木が近くにある場合もその旨記録してください。
2. 直径 10cm, 深さ 5cm の穴を掘ります。穴の中にこぼれた土は取り除きます。
3. えんどう豆（約 5mm）よりも大きな石は取り除きます。
4. 土壌試料採集缶におよそ 3/4、約 100g の土を入れてください。
5. 缶に番号を付け、日付、時間、深さ、缶の番号をデータシートに記録します。
6. 残った土を丁寧に穴に戻してください。
7. 缶を密閉し、熱や日光を避けて保管してください。

### 異なる深さでの採集

#### 上級レベルの生徒

1. 最初の目的である深さ 10cm までオーガで穴を掘ります。
2. オーガで約 100g の土壌試料を切り出します。
3. 目標の深さ近傍の土壌を集めてください。
4. えんどう豆（約 5mm）よりも大きい石は除き、土壌収集缶におよそ 3/4、約 100g の土を入れます。
5. 缶に番号を付け、日付、時間、深さ、缶の番号をデータシートに記録してください。
6. 缶をきつく密閉し、熱や日光を避けて保管してください。
7. 同じ穴のそれぞれの深さ（30、60、90cm）で 1～6 の手順を繰り返してください。

## 作業B：試料の計量と乾燥

### 道具と材料

- オープン
- 精度 0.1g の天秤
- 土壌の缶をオープンから取り出すための鍋つかみ
- データシート

### 準備

1. オープンを 105℃に予加熱します。
2. 基準重りで天秤を校正します。

この値は、前回に記録した基準重りの重さの 0.25g 以内でなくてはなりません。

### 乾燥手順

1. 土壌試料缶のテープを全てはずしてください。
2. 土壌試料を缶に入れたまま計量します（缶＋蓋＋土）。これが湿重量となります。
3. 日付、時間、缶の番号、0.1 g の桁までの重量を、データシートに記録してください。
4. 試料をいれた缶の蓋をはずし、次の方法のいずれかで乾燥させてください。  
蓋も同時に乾燥させてください。
  - a. 通風乾燥できるオープンを 95℃から 105℃に設定して 10 時間乾燥させてください。
  - b. 脱水乾燥できるオープンを 75℃から 95℃に設定して 24 時間乾燥させてください。
  - c. 電子レンジ（マイクロウェーブオープン）を高温に設定し、安全な容器を使い 5 分間加熱します。  
加熱する毎に重量を測定し、0.25 g 以上の変化がなくなるまでこれを繰り返し、試料を乾燥させてください。
5. 鍋つかみなどをして、缶をオープンから取り出します。5 分ほど冷ましてください。
6. 試料の入ったの缶と蓋を再計量します（缶＋蓋＋土）。これが乾重量となります。
7. 日付、時間、0.1 g の桁までの重量を、データシートに記録してください。
8. それぞれの缶から土を取り出して空にし、ペーパータオルで缶を拭ききれいにしておく

---

## 土壌調査

ださい。

9. 乾燥した空の缶と蓋を計量します。これが缶重量となります。
10. 0.1g の桁までの各重量をデータシートに記録し、同時に乾燥方法を記録してください。
11. 土壌試料ごとについて 1～10 の段階を繰り返します。

### 作業C：データの送信

以下のことを GLOBE データサーバに送信しましょう。

- 試料を採取した日付けと時間
- 土壌試料缶の番号
- 採取した地点の深さ(cm)
- 湿重量(g)
- 乾重量(g)
- 缶重量(g)

可能であれば以下のことも GLOBE 日本中央センター事務局に FAX/MAIL で報告しましょう。

- GPS 受信機を使って調べた観測サイトの緯度、経度、高度。
- 土壌の分類  
もし時間があれば、プロトコル 1 にしたがってできるだけたくさんの土壌特性を調べて報告しましょう。
- 観測サイトの分類  
「土地被覆/生物測定」の説明に従って土壌水分観測サイトを分類し、MUC 分類レベル 4、土地被覆、樹冠被率などを調べてみましょう。

### 土壌温度プロトコル

- 目的：表面近くの土壌温度を測定すること。  
土壌温度の日変化を観測すること。
- 概要：棒状温度計を用いて、地表面から 5cm、10cm の深さの土壌温度を計ります。  
土壌温度は、気候（主には気温と降水）、土壌の性質、土壌水分、深さ、それに地形的な状況の要因によります。この観測では、データを收拾し、上記の関係を検討します。

---

## 土壌調査

- 時間：一つの観測で10分から15分です。
- レベル：全てのレベル
- 頻度：  
毎週：5cmと10cmの深さで3回の測定  
季節ごと：5cmと10cmで（3月、6月、9月、12月のいずれか2日間連続）2または3時間おきに測定。
- キーコンセプト：土壌は孤立した別個の層である。土壌温度は、深さ、土壌水分、気温によって変動する。土壌温度の変動は気温より小さい。
- 技能：計器の読み方、野外での観測場所の選定方法、関連した現象（気温、水分など）の観察、温度変化をグラフにする技能
- 材料と道具：感部が棒状のデジタル温度計、くぎとハンマー、6mmの穴があいた木製のブロック、補正温度計、
- 準備：必要なし
- 前提条件：必要なし